动 物 学 研 究 2005, Jun. 26 (3): 263－271 CN 53－1040/Q ISSN 0254－5853
Zoological Research

# 若尔盖湿地国家自然保护区三种无尾两栖类夏秋季生境选择

戴建洪[1,2]，戴 强[1]，张 明[3]，张晋东[1]，李 成[1]，刘 兵[1]，刘志军[1]，王跃招[1,*]
(1. 中国科学院成都生物研究所，四川 成都 610041；2. 中国科学院研究生院，北京 00039；
3. 若尔盖湿地国家自然保护区管理局，四川 若尔盖 624500)

**摘要**：2004 年 8—9 月在若尔盖湿地国家自然保护区采用样方法对高原林蛙（*Rana kukunoris*）、倭蛙（*Nanorana pleskei*）和岷山蟾蜍（*Bufo minshanicus*）的生境选择性进行了研究。先设置 16 个 50 m × 50 m 的样地，再在每个样地内分 25 个 10 m × 10 m 的样方，测量每个样方中的 12 个生境因子（牧场性质、草本高度、草本盖度、牛粪数量、鼠兔洞口数量、鼢鼠土堆数量、地表温度、地表湿度、土壤温度、离小型水体距离、离大型水体距离、离道路距离)。结果表明：这 3 种两栖类均偏好离溪流、水塘等小型水体距离较近（≤100 m)、离河流、湖泊等大型水体距离较远（> 1 000 m)、适度放牧（牛粪数量 1～20）以及无鼠兔（*Ochotona* sp.）洞口的生境。通过比较，发现高原林蛙和倭蛙显著选择夏牧场、草本高度 5.1～10.0 cm、离小型水体 0～50 m 的生境，显著不选择鼢鼠土堆太多（> 10）的生境；岷山蟾蜍对牧场性质、离道路距离无显著选择性，显著选择草本高度 > 20.0 cm、离小型水体 51～100 m 的生境，不选择无鼢鼠土堆的生境；高原林蛙显著选择离道路 > 50 m 的生境；倭蛙显著选择离道路 0～50 m 的生境。3 种两栖类在生境选择上产生了一定的分离，表明各自有着特殊的生境需求。判别分析表明，牧场性质、草本高度、地表湿度、土壤温度、鼢鼠土堆数量、离大或小型水体距离、离道路距离是区别 3 种两栖类生境选择的重要参数。

**关键词**：若尔盖湿地；高原林蛙；倭蛙；岷山蟾蜍；生境选择
**中图分类号**：Q959.5；Q958 **文献标识码**：A **文章编号**：0254－5853（2005）03－0263－09

# Habitat Selection of Three Amphibians (*Rana kukunoris*, *Nanorana pleskei*, *Bufo minshanicus*) During Summer-Autumn in Zoige Wetland National Nature Reserve

DAI Jian-hong[1,2], DAI Qiang[1], ZHANG Ming[2], ZHANG Jin-dong[1], LI Cheng[1], LIU Bing[1], LIU Zhi-jun[1], WANG Yue-zhao[1,*]
(1. *Chengdu Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Chengdu* 610041, *China*;
2. *Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100039, *China*;
3. *The Management Bureau of Zoige Wetland National Nature Reserve, Zoige, Sichuan* 624500, *China*)

**Abstract**: Habitat selection of *Rana kukunoris*, *Nanorana pleskei* and *Bufo minshanicus* was studied in Zoige Wetland National Nature Reserve, Sichuan Province, southewest of China, from August to September, 2004. Twelve ecological factors of 16 sites used by the 3 amphibian species were selected and measured. These factors included grazing condition (GC), herbage height (HH), herbage cover (HC), number of yak dejectas (YJ), number of *Ochotona* cavities (OC), number of sokhor mounds (SM), ground temperature (GT) and moisture (GM), soil temperature (ST), distance to small waterbodies (DSW), distance to large waterbodies (DLW) and distance to roads (DR). The results indicated that *R. kukunoris*, *N. pleskei* and *B. minshanicus* all preferred habitats characterized by distance near small waterbodies (such as ponds) (≤100 m), distance farther (> 1 000 m) to larger waterbodies (eg. rivers and lakes), moderate grazing intensity, absence of OC. By comparison, it was found that *R. kukunoris* and *N. pleskei* significantly selected summer pasture habitats characterized by HH 5.1－10.0 cm, DSW 0－50 m, significantly not to select habitats with too many SMs (> 10).

收稿日期：2004－11－02；接受日期：2005－03－02
基金项目：中国科学院知识创新工程重要项目（KSCX2－SW－123）；国家自然科学基金资助项目（30470252，30070090）
* 通讯作者（Corresponding author），E-mail：arcib@cib.ac.cn
第一作者简介：戴建洪（1977－），男，硕士研究生，主要从事动物生态学研究。

*R. kukunoris* significantly selected habitats with DR > 50 m; *B. minshanicus* had no significant selection for GC and DR but significantly selected habitats characterized by HH > 20.0 cm, DSW 51 – 100 m and did not select habitats without SMs, *N. pleskei* significantly selected habitats with DR 0 – 50 m. The 3 amphibians differed in the habitat selection to some extent, which suggested they had special requirement for habatits respectively and GC, HH, GM, ST, SM, DLW, DSW and DR were the critical factors distinguishing habitat selection of the 3 amphibians species by stepwise discriminant analysis.

**Key words:** Zoige Wetland; *Rana kukunoris*; *Nanorana pleskei*; *Bufo minshanicus*; Habitat selection

若尔盖湿地位于青藏高原东缘，是我国最大的高原泥炭沼泽湿地，是长江和黄河的重要水源涵养地（He & Zhao，1999）。该区分布有3种无尾两栖类：高原林蛙（*Rana kukunoris*）、倭蛙（*Nanorana pleskei*）和岷山蟾蜍（*Bufo minshanicus*），均是青藏高原特有种（Zhang，1999；Xie et al，2000）。1997—2002年在若尔盖湿地国家自然保护区的调查结果初步表明这3种两栖类均呈种群下降趋势（Fellers et al，2003）。

影响两栖类种群数量变动的因素很多，生境状况是其中最重要的因素之一，能否维护两栖类种群数量，关键在于能否保证适宜生境的质量（Wyman，1988；Wilen & Frayer，1990）。已有的研究表明：两栖类对生境的景观特征有一定要求（Gibbs，1998；Knutson et al，1999；Guerry & Hunter，2002；Ficetola & De Bernardi，2004），且不同类群对生境的选择性也不同（Zhou et al，1998）。两栖类种群分布与植被、湿度、离水源距离等生境特征密切相关（Halley et al，1996；Kupferberg，1996；Anderson et al，1999；Parris，2001），人类活动对其生境选择的影响也很大（Beebee，1977；Findlay & Houlihan，1997；Vos & Chardon，1998；Mazerolle，2003；Peltzer et al，2003）。这3种同域分布的无尾两栖类，对栖息生境有什么要求？在生境选择问题上是否有着各自的特殊需求？为解答这一问题，并为其保护和管理提供科学依据，我们于2004年8—9月在若尔盖湿地国家自然保护区对两栖类的生境选择情况进行了研究。

## 1 方 法

### 1.1 研究地点概况

若尔盖湿地国家自然保护区位于四川省阿坝藏族羌族自治州若尔盖县境内，北纬33°25′～34°00′，东经102°29′～102°59′，海拔3 422～3 697 m。保护区总面积1 665.71 km$^2$，位于若尔盖湿地的核心部分，湿地类型为泥炭草本沼泽。

保护区属于高原寒温带湿润季风气候。年平均气温0.7 ℃，最热月（7月）平均为10.7 ℃，最冷月（1月）平均为－10.7 ℃。平均年降雨量为656.8 mm。平均湿度69%。区内太阳辐射强烈、光照丰富、云雾低、尘埃少。土壤的垂直变化很明显，主要有沼泽土、草甸土及风沙土。植被类型主要为沼泽和草甸，散有零星的灌丛。

### 1.2 样地设置

2004年8—9月在普查的基础上，根据不同的生境类型沿公路两侧设置了分布较为均匀的16个有代表性的样地。其中，沼泽样地8个，草甸样地5个，有泉眼样地1个，经人工改良的沙丘样地2个。样地大小为50 m×50 m，每个样地再分为25个10 m×10 m的样方。泉眼样地是指以地下水涌出地表形成的水凼、水坑及其下游溪流为中心的生境。沙丘在若尔盖湿地中是与沼泽、草甸等性质完全不同的独特景观成分，经人工改良后植被长势良好，但考虑到增施化肥、全封闭管理等人为影响较大，在本文中不纳入两栖类生境选择研究。根据若尔盖高原的气候情况，8、9月为当地的夏秋季。此时两栖类正处于育肥期，已离开水体，扩散到陆地上觅食。

### 1.3 生境因子的量度

调查每个样方内的两栖类种类、数量及各种生境因子。在每个10 m×10 m的样方内记录12个生境因子。根据两栖类生理特点和活动能力等因素并参照Lu et al（2004）的方法将各生境因子进行等级划分，分别描述如下：

1.3.1 温湿度、水体　地表湿度（%）：实测值，用8910型五合一气候仪（AZ instrument corp.）测定，由低到高分4个等级（≤40.0、40.1—60.0、60.1—80.0、>80.0）。

地表温度（℃）：实测值，用玻璃温度计测定，由低到高分4个等级（10.1—14.0、14.1—18.0、18.1—22.0、>22.0）。

土壤温度（℃）：实测值，用土壤温度仪测定，由低到高分4个等级（7.1—11.0、11.1—15.0、15.1—19.0、>19.0）。

离小型水体距离（m）：估测值，样方中心到小型水体（如溪流、水沟以及不同类型的水塘、水坑等）的距离，由近到远分3个等级（≤50、51—100、>100）。

离大型水体距离（m）：估测值，样方中心到大型水体（包括湖泊、河流）的距离，由近到远分3个等级（≤500、501—1 000、>1 000）。

1.3.2　植被　草本高度（cm）：实测值，用直尺随机测量样方内4处草本的高度，取其均值，由低到高分5个等级（≤5.0、5.1—10.0、10.1—15.0、15.1—20.0、>20.0）。

草本盖度（%）：估测值，即样方内草本的覆盖程度，由低到高分4个等级（≤40、41—60、61—80、>80）。

1.3.3　鼠害　鼠兔洞口数量：实测值，统计样方内鼠兔洞口的数量，由低到高分3个等级（0、1—10、>10）。

鼢鼠土堆数量：实测值，统计样方内鼢鼠土堆的数量，由低到高分3个等级（0、1—10、>10）。

1.3.4　人为干扰　牧场性质（即放牧状况）：通过调查当地牧民在不同季节轮换放牧的情况，将每个样地按受干扰程度由低到高分2个等级（1：冬牧场；2：夏牧场）。

牛粪数量：实测值，统计样方内的牛粪数量，根据其数量来衡量放牧强度，由低到高分4个等级（0、1—10、11—20、>20）。

离道路距离（m）：估测值，样方中心到最近道路的垂直距离，由近到远分3个等级（≤50、51—100、>100）。

### 1.4　数据处理和分析

采用Neu et al（1974）分析法分析3种两栖类对12种生境因子的选择情况：先用拟合优度卡方检验验证3种两栖类对上述12种因子是否具有选择性，然后利用Bonferroni置信区间的计算公式分析两栖类对已被证明有选择性的生境因子中类目的偏好情况。

在比较3种两栖类生境选择差异时，先将草本盖度、地表湿度等百分比数据进行开方再反正弦转换，对离道路距离等数据进行对数转换。然后用单样本K-S检验来分析数据的正态性，当数据呈正态分布时，用单因素方差分析对均值进行比较；若不服从正态分布，则采用非参数检验，即Kruskal-Wallis test。再用逐步判别分析（stepwise discriminant analysis）找出区别不同物种之间生境选择的关键因子。

判别分析根据已知分类对象和若干表明分类对象特征的变量值，从中筛选出能提供较多信息的变量并建立判别函数，利用判别函数对观测量进行判别，使其所属类别的错判率最小。判别函数的一般形式为：$Y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \cdots + a_nx_n$。其中，$Y$为判别值；$x_1$、$x_2$、$x_3 \cdots x_n$为反映研究对象的变量，在本文为各种生境变量，$a_1$、$a_2$、$a_3 \cdots a_n$为各变量的系数，即判别系数。

显著性水平定为0.05（双尾检验）。

## 2　结　果

### 2.1　三种两栖类夏秋季生境选择特点

高原林蛙对12种生境因子均有选择性，倭蛙对除草本盖度以外的11种生境因子有选择性，岷山蟾蜍对除了地表温度、土壤温度和离道路距离外的其他因子有选择性（表1）。

高原林蛙显著选择草本高度5.1～10.0 cm、牛粪数量适中（1～20）、无鼠兔洞口、距离小型水体0～50 m、距离大型水体>1 000 m、距离道路>50 m的夏牧场生境，显著不选择无牛粪或牛粪过多（>20）及鼢鼠土堆太多（>10）的生境（表2）。

倭蛙显著选择草本高度为5.1～10.0 cm、无鼠兔洞口、距离小型水体0～50 m、距离大型水体>1 000 m、距离道路0～50 m的夏牧场生境，显著不选择无牛粪及鼢鼠土堆太多（>10）的生境（表3）。

岷山蟾蜍显著选择草本高度>20.0 cm、草本盖度>80%、牛粪数量较多（11～20）、无鼠兔洞口、距离小型水体51～100 m、距离大型水体>1 000 m的生境，显著不选择无牛粪或牛粪较少（1～10）及无鼢鼠土堆的生境，对离道路距离无选择性（表4）。3种两栖类均偏好于选择无鼠兔洞口、有牛粪分布、离小型水体较近（100 m内）、离大型水体较远（>1 000 m）的生境。

### 2.2　三种两栖类生境选择比较

除了鼠兔洞口数量和地表温度外，3种两栖类对其余10个生境因子上都存在显著（$P < 0.05$, Kruskal-Wallis test）或极显著差异（$P < 0.01$）（表

表1 若尔盖湿地夏秋季两栖类对12种生境因子选择性的卡方检验结果

Tab. 1 The $\chi^2$ test of election of 12 habitat factors used by 3 amphibians during summer-autumn in Zoige Wetland

| 生境因子 Habitat factor | 高原林蛙 *R. kukunoris* (*n* = 994) | | 倭蛙 *N. pleskei* (*n* = 39) | | 岷山蟾蜍 *B. minshanicus* (*n* = 112) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *df* | $\chi^2$ | *df* | $\chi^2$ | *df* | $\chi^2$ |
| 牧场性质 Grazing condition | 1 | 643.86** | 1 | 13.56** | 1 | 0.89** |
| 草本高度 Herbage height (cm) | 4 | 1627.62** | 3 | 25.92** | 4 | 23.82** |
| 草本盖度 Herbage cover (%) | 3 | 965.96** | 2 | 2.92 | 3 | 240.92** |
| 牛粪数量 Number of yak dejectas | 3 | 886.74** | 2 | 9.46** | 3 | 48.33** |
| 鼠兔洞口数量 Number of pika cavities | 1 | 966.20** | — | — | 1 | 108.04** |
| 鼢鼠土堆数量 Number of sokhor mounds | 2 | 1242.60** | 1 | 11.31** | 2 | 95.16** |
| 地表温度 Ground temperature (℃) | 3 | 318.75** | 3 | 15.87** | 2 | 0.50 |
| 地表湿度 Ground moisture (%) | 3 | 545.17** | 2 | 7.54** | 3 | 30.31** |
| 土壤温度 Soil temperature (℃) | 3 | 1303.86** | 2 | 7.54** | 1 | 1.75 |
| 离小型水体距离 Distance to small waterbodies (m) | 1 | 870.32** | 1 | 35.10** | 1 | 20.57** |
| 离大型水体距离 Distance to large waterbodies (m) | 2 | 1098.62** | 2 | 42.61** | 1 | 15.75** |
| 离道路距离 Distance to roads (m) | 2 | 29.97** | 2 | 42.00** | 2 | 0.55 |

* $P<0.05$, ** $P<0.01$ ($\chi^2$ test).

5)。高原林蛙和倭蛙显著选择夏牧场生境，而岷山蟾蜍对牧场性质无显著选择性；高原林蛙和倭蛙显著选择草本高度为5.1～10.0 cm的生境，岷山蟾蜍显著选择草本高度>20.0 cm的生境；高原林蛙和倭蛙显著不选择鼢鼠土堆太多（>10）的生境，岷山蟾蜍则不选择无鼢鼠土堆的生境；高原林蛙和倭蛙显著性选择离小型水体距离0～50 m的生境，岷山蟾蜍则选择离小型水体距离51～100 m的生境；高原林蛙显著性选择离道路>50 m的生境，倭蛙显著选择离道路0～50 m的生境，岷山蟾蜍对离道路距离无选择性（表1—4）。

判别分析表明（表6），牧场性质（Wilks' $\lambda=0.634$, $P<0.01$）（下以$\lambda$代替Wilks' $\lambda$）、草本高度（$\lambda=0.595$, $P<0.01$）、地表湿度（$\lambda=0.614$, $P<0.01$）、离小型水体距离（$\lambda=0.624$, $P<0.01$）和大型水体距离（$\lambda=0.617$, $P<0.01$）、离道路距离（$\lambda=0.681$, $P<0.01$）、土壤温度（$\lambda=0.594$, $P<0.01$）、鼢鼠土堆（$\lambda=0.590$, $P<0.01$）等对判别函数贡献最大，说明高原林蛙、倭蛙和岷山蟾蜍夏秋季对生境的选择差异主要表现在上述几个因子上。

## 3 讨 论

### 3.1 影响两栖类生境选择的因素

3.1.1 水体环境 两栖类作为外温动物，其分布在很大程度上受环境温度和水的制约。3种两栖类均偏好选择离水塘等小型水体不远的生境。若尔盖县气象资料表明，上世纪50年代以来当地年平均气温持续上升，而降雨量则呈下降趋势。如果这种状况持续下去，则有可能使两栖类的适宜生境大面积缩减，从而给当地两栖类种群带来极大的威胁。

3.1.2 天敌 3种两栖类均偏好选择远离大型水体的生境。在河流、湖泊中鱼类较多，有些高原鳅[如黄河高原鳅（*Triplophysa pappenheimi*）是当地常见的肉食性鱼类（Wu & Wu, 1991）]吞食两栖类蝌蚪和卵团，对两栖类种群造成负面影响（Kats et al, 1988; Bradford et al, 1993; Pilliod & Peterson, 2001）。此外，河流、湖泊周边常有多种水鸟栖息、取食，许多水鸟又是两栖类的天敌（Zhang et al, 2000; Zhou et al, 2003），也对两栖类造成威胁。由于缺乏有效的防御机制，两栖类可能只能通过生境选择来远离有巨大捕食压力的大型水体。

3.1.3 鼠害 3种两栖类偏好选择无鼠兔洞口的生境。随着湿地变干，鼢鼠和鼠兔在保护区内分布日益广泛，并直接破坏草场植被。鼠兔通常在较干燥区域营穴，其洞口分布反映了草场土壤和地表的湿度状况（Fan & Dou, 1990; He & Zhao, 1999; Jiang et al, 2004）。而两栖类一般选择地表潮湿和离水源近的生境。草地退化是鼠害的重要诱因，同时鼠害又是加速草地退化的主要驱动力和草地退化程度的主要表征（Jiang et al, 2004）。随着若尔盖湿地鼠类活动的加剧，草场退化的日益严重，两栖类的生存环境也将受到严重威胁。

3.1.4 人为干扰因素 两栖类偏好选择有一定牛粪

表 2　若尔盖湿地夏秋季高原林蛙对 12 个生境因子的利用和选择

**Tab. 2　Utilization and selection of 12 habitat factors by *Rana kukunoris* during summer-autumn in Zoige Wetland**

| 生境因子 Habitat factor | 类型 Type | 出现频次 Frequency | 实际利用比例 Actual proportion used ($P_i$)($n=994$) | 期望利用比例 Expected proportion used ($P_w$)($n=994$) | Bonferroni 置信区间 Bonferroni interval for $P_i$ | 选择性 Preference |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 牧场性质 Grazing condition | 冬牧场 | 97 | 0.098 | 0.485 | $0.082 \leq P_i \leq 0.113$ | – |
| | 夏牧场 | 897 | 0.902 | 0.515 | $0.887 \leq P_i \leq 0.918$ | + |
| 草本高度 Herbage height (cm) | ≤5.0 | 157 | 0.158 | 0.176 | $0.139 \leq P_i \leq 0.177$ | 0 |
| | 5.1~10.0 | 698 | 0.702 | 0.347 | $0.678 \leq P_i \leq 0.726$ | + |
| | 10.1~15.0 | 90 | 0.091 | 0.141 | $0.076 \leq P_i \leq 0.106$ | – |
| | 15.1~20.0 | 28 | 0.028 | 0.150 | $0.020 \leq P_i \leq 0.037$ | – |
| | >20.0 | 21 | 0.021 | 0.185 | $0.014 \leq P_i \leq 0.029$ | – |
| 草本盖度 Herbage cover (%) | ≤40 | 148 | 0.149 | 0.029 | $0.130 \leq P_i \leq 0.167$ | + |
| | 41~60 | 29 | 0.029 | 0.053 | $0.020 \leq P_i \leq 0.038$ | – |
| | 61~80 | 153 | 0.154 | 0.109 | $0.135 \leq P_i \leq 0.173$ | + |
| | >80 | 664 | 0.668 | 0.809 | $0.643 \leq P_i \leq 0.693$ | – |
| 牛粪数量 Number of yak dejectas | 0 | 27 | 0.029 | 0.098 | $0.020 \leq P_i \leq 0.038$ | – |
| | 1~10 | 605 | 0.646 | 0.508 | $0.620 \leq P_i \leq 0.671$ | + |
| | 11~20 | 236 | 0.252 | 0.223 | $0.229 \leq P_i \leq 0.275$ | + |
| | >20 | 69 | 0.074 | 0.170 | $0.060 \leq P_i \leq 0.088$ | – |
| 鼠兔洞口数量 Number of pika cavities | 0 | 987 | 0.993 | 0.906 | $0.989 \leq P_i \leq 0.997$ | + |
| | 1~10 | 7 | 0.007 | 0.026 | $0.003 \leq P_i \leq 0.011$ | – |
| | >10 | 0 | 0.000 | 0.068 | — | – |
| 鼢鼠土堆数量 Number of sokhor mounds | 0 | 850 | 0.855 | 0.847 | $0.837 \leq P_i \leq 0.873$ | 0 |
| | 1~10 | 136 | 0.137 | 0.138 | $0.119 \leq P_i \leq 0.155$ | 0 |
| | >10 | 8 | 0.008 | 0.015 | $0.003 \leq P_i \leq 0.013$ | – |
| 地表温度 Ground temperature (℃) | 10.1~14.0 | 463 | 0.466 | 0.314 | $0.440 \leq P_i \leq 0.492$ | + |
| | 14.1~18.0 | 236 | 0.237 | 0.343 | $0.215 \leq P_i \leq 0.260$ | – |
| | 18.1~22.0 | 227 | 0.228 | 0.279 | $0.206 \leq P_i \leq 0.250$ | – |
| | >22.0 | 68 | 0.068 | 0.063 | $0.055 \leq P_i \leq 0.082$ | 0 |
| 地表湿度 Ground moisture (%) | ≤40.0 | 36 | 0.036 | 0.012 | $0.026 \leq P_i \leq 0.046$ | + |
| | 40.1~60.0 | 416 | 0.419 | 0.300 | $0.393 \leq P_i \leq 0.444$ | + |
| | 60.1~80.0 | 446 | 0.449 | 0.424 | $0.423 \leq P_i \leq 0.475$ | 0 |
| | >80.0 | 96 | 0.097 | 0.265 | $0.081 \leq P_i \leq 0.112$ | – |
| 土壤温度 Soil temperature (℃) | 7.1~11.0 | 166 | 0.167 | 0.268 | $0.148 \leq P_i \leq 0.186$ | – |
| | 11.1~15.0 | 734 | 0.738 | 0.532 | $0.715 \leq P_i \leq 0.761$ | + |
| | 15.1~19.0 | 59 | 0.059 | 0.188 | $0.047 \leq P_i \leq 0.072$ | – |
| | >19.0 | 35 | 0.035 | 0.012 | $0.026 \leq P_i \leq 0.045$ | + |
| 离小型水体距离 Distance to small waterbodies (m) | ≤50 | 962 | 0.968 | 0.818 | $0.959 \leq P_i \leq 0.977$ | + |
| | 51~100 | 32 | 0.032 | 0.109 | $0.023 \leq P_i \leq 0.041$ | – |
| | >100 | 0 | 0.000 | 0.074 | — | – |
| 离大型水体距离 Distance to large waterbodies (m) | ≤500 | 59 | 0.059 | 0.294 | $0.047 \leq P_i \leq 0.072$ | – |
| | 501~1 000 | 112 | 0.113 | 0.265 | $0.096 \leq P_i \leq 0.129$ | – |
| | >1 000 | 823 | 0.828 | 0.441 | $0.808 \leq P_i \leq 0.848$ | + |
| 离道路距离 Distance to roads (m) | ≤50 | 266 | 0.268 | 0.574 | $0.245 \leq P_i \leq 0.291$ | – |
| | 51~100 | 406 | 0.408 | 0.235 | $0.383 \leq P_i \leq 0.434$ | + |
| | >100 | 322 | 0.324 | 0.191 | $0.300 \leq P_i \leq 0.348$ | + |

+：有显著选择（With significant selection）；0：无显著选择（Without significant selection）；–：显著不选择（Significantly without selection）。

数量的生境，而不选择无牛粪或牛粪数量过多的生境。适度放牧的地方可能有利于提高植被群落多样性（Liu et al，2002；Jiang et al，2003；Gao et al，2004）；牲畜能招惹蚊蝇，并且其粪便孳生大量昆虫，从而吸引正处于育肥期的两栖类迁移至此觅食。一些研究表明，由于污染效应以及引起生境片断化等因素，城镇和道路对附近两栖类种群有很大的负面影响（Fahrig et al，1995；Vos & Chardon，1998；Knutson et al，1999；Peltzer et al，2003），但本研究得出道路对两栖类影响并不大。可能原因有：①若尔盖湿地的道路离地面不高，路基不太宽，且交通流量较少；②当地经济以畜牧业为主，

表 3 若尔盖湿地夏秋季倭蛙对 11 个生境因子的利用和选择

Tab. 3 Utilization and selection of 11 habitat factors by *Nanorana pleskei* during summer-autumn in Zoige Wetland

| 生境因子 Habitat factor | 类型 Type | 出现频次 Frequency | 实际利用比例 Actual proportion used ($P_i$) ($n=39$) | 期望利用比例 Expected proportion used ($P_w$) ($n=39$) | Bonferroni 置信区间 Bonferroni interval for $P_i$ | 选择性 Preference |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 牧场性质 | 冬牧场 | 8 | 0.205 | 0.485 | $0.099 \leq P_i \leq 0.311$ | - |
| Grazing condition | 夏牧场 | 31 | 0.795 | 0.515 | $0.689 \leq P_i \leq 0.901$ | + |
| 草本高度 | ≤5.0 | 0 | 0.000 | 0.176 | — | - |
| Herbage height (cm) | 5.1~10.0 | 23 | 0.590 | 0.347 | $0.460 \leq P_i \leq 0.719$ | + |
| | 10.1~15.0 | 8 | 0.205 | 0.141 | $0.099 \leq P_i \leq 0.311$ | 0 |
| | 15.1~20.0 | 2 | 0.051 | 0.150 | $-0.007 \leq P_i \leq 0.109$ | - |
| | >20.0 | 6 | 0.154 | 0.185 | $0.059 \leq P_i \leq 0.249$ | 0 |
| 牛粪数量 | 0 | 0 | 0.000 | 0.098 | — | - |
| Number of yak dejectas | 1~10 | 19 | 0.576 | 0.508 | $0.434 \leq P_i \leq 0.717$ | 0 |
| | 11~20 | 5 | 0.152 | 0.223 | $0.049 \leq P_i \leq 0.254$ | 0 |
| | >20 | 9 | 0.273 | 0.170 | $0.145 \leq P_i \leq 0.400$ | 0 |
| 鼠兔洞口数量 | 0 | 39 | 1.000 | 0.906 | $1.000 \leq P_i \leq 1.000$ | + |
| Number of pika cavities | 1~10 | 0 | 0.000 | 0.026 | — | - |
| | >10 | 0 | 0.000 | 0.068 | — | - |
| 鼢鼠土堆数量 | 0 | 30 | 0.769 | 0.847 | $0.658 \leq P_i \leq 0.880$ | 0 |
| Number of sokhor mounds | 1~10 | 9 | 0.231 | 0.138 | $0.120 \leq P_i \leq 0.342$ | 0 |
| | >10 | 0 | 0.000 | 0.015 | — | - |
| 地表温度 | 10.1~14.0 | 17 | 0.436 | 0.314 | $0.305 \leq P_i \leq 0.567$ | 0 |
| Ground temperature (℃) | 14.1~18.0 | 7 | 0.179 | 0.343 | $0.078 \leq P_i \leq 0.281$ | - |
| | 18.1~22.0 | 14 | 0.359 | 0.279 | $0.233 \leq P_i \leq 0.485$ | 0 |
| | >22.0 | 1 | 0.026 | 0.063 | $-0.016 \leq P_i \leq 0.067$ | 0 |
| 地表湿度 | ≤40.0 | 0 | 0.000 | 0.012 | — | - |
| Ground moisture (%) | 40.1~60.0 | 18 | 0.462 | 0.300 | $0.330 \leq P_i \leq 0.593$ | + |
| | 60.1~80.0 | 16 | 0.410 | 0.424 | $0.281 \leq P_i \leq 0.540$ | 0 |
| | >80.0 | 5 | 0.128 | 0.265 | $0.040 \leq P_i \leq 0.216$ | - |
| 土壤温度 | 7.1~11.0 | 16 | 0.410 | 0.268 | $0.281 \leq P_i \leq 0.540$ | + |
| Soil temperature (℃) | 11.1~15.0 | 18 | 0.462 | 0.532 | $0.330 \leq P_i \leq 0.593$ | 0 |
| | 15.1~19.0 | 5 | 0.128 | 0.188 | $0.040 \leq P_i \leq 0.216$ | 0 |
| | >19.0 | 0 | 0.000 | 0.012 | — | - |
| 离小型水体距离 | ≤50 | 38 | 0.974 | 0.818 | $0.933 \leq P_i \leq 1.016$ | + |
| Distance to small | 51~100 | 1 | 0.026 | 0.109 | $-0.016 \leq P_i \leq 0.067$ | - |
| waterbodies (m) | >100 | 0 | 0.000 | 0.074 | — | - |
| 离大型水体距离 | ≤500 | 1 | 0.026 | 0.294 | $-0.016 \leq P_i \leq 0.067$ | - |
| Distance to large | 501~1 000 | 6 | 0.154 | 0.265 | $0.059 \leq P_i \leq 0.249$ | - |
| waterbodies (m) | >1 000 | 32 | 0.821 | 0.441 | $0.719 \leq P_i \leq 0.922$ | + |
| 离道路距离 | ≤50 | 32 | 0.821 | 0.574 | $0.719 \leq P_i \leq 0.922$ | + |
| Distance to roads (m) | 51~100 | 2 | 0.051 | 0.235 | $-0.007 \leq P_i \leq 0.109$ | - |
| | >100 | 5 | 0.128 | 0.191 | $0.040 \leq P_i \leq 0.216$ | 0 |

牧区工业污染很少，而藏民“不杀生”的习俗也使两栖类很少遭到捕杀；③当生境微气候、食物、离水源距离等关键因子满足了两栖类的生存要求时，道路、居民点等人为干扰因素在一定的强度范围内就显现出对两栖类的影响不大。但如果人为干扰强度超过一定范围（如若尔盖县正在修建的川郎高速公路以及旅游业的迅速发展）就可能会给当地两栖类生存环境带来某些负面影响。这一问题有待继续考察和深入研究。

### 3.2 对生境选择的物种差异

本研究表明：牧场性质、地表湿度、草本高度、鼢鼠土堆数量、离大小型水体距离和离道路距离是区别高原林蛙、倭蛙、岷山蟾蜍之间生境选择的可能重要参数。对生境因子的选择差异，可能是3种两栖类对环境胁迫的耐受性不同所致。3种相比，高原林蛙的皮肤不及倭蛙和岷山蟾蜍粗糙(Liu & Hu, 1961)；尤其是岷山蟾蜍皮肤瘰疣多，角质化程度高，可能具有较强抗水分散失的能力，

表 4 若尔盖湿地夏秋季岷山蟾蜍对 9 个生境因子的利用和选择

Tab. 4 Utilization and selection of 9 habitat factors by *Bufo minshanicus* during summer-autumn in Zoige Wetland

| 生境因子 Habitat factor | 类型 Type | 出现频次 Frequency | 实际利用比例 Actual proportion used ($P_i$) ($n=112$) | 期望利用比例 Expected proportion used ($P_w$) ($n=112$) | Bonferroni 置信区间 Bonferroni interval for $P_i$ | 选择性 Preference |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 牧场性质 | 冬牧场 | 61 | 0.545 | 0.485 | $0.467 \leqslant P_i \leqslant 0.622$ | 0 |
| Grazing condition | 夏牧场 | 51 | 0.455 | 0.515 | $0.378 \leqslant P_i \leqslant 0.533$ | 0 |
| 草本高度 | ≤5.0 | 21 | 0.188 | 0.176 | $0.127 \leqslant P_i \leqslant 0.248$ | 0 |
| Herbage height (cm) | 5.1 ~ 10.0 | 28 | 0.250 | 0.347 | $0.183 \leqslant P_i \leqslant 0.317$ | - |
| | 10.1 ~ 15.0 | 10 | 0.089 | 0.141 | $0.045 \leqslant P_i \leqslant 0.134$ | - |
| | 15.1 ~ 20.0 | 14 | 0.125 | 0.150 | $0.074 \leqslant P_i \leqslant 0.176$ | 0 |
| | >20.0 | 39 | 0.348 | 0.185 | $0.274 \leqslant P_i \leqslant 0.422$ | + |
| 草本盖度 | ≤40 | 1 | 0.009 | 0.029 | $-0.006 \leqslant P_i \leqslant 0.024$ | - |
| Herbage cover (%) | 41 ~ 60 | 8 | 0.071 | 0.053 | $0.031 \leqslant P_i \leqslant 0.111$ | 0 |
| | 61 ~ 80 | 4 | 0.036 | 0.109 | $0.007 \leqslant P_i \leqslant 0.065$ | - |
| | >80 | 99 | 0.884 | 0.809 | $0.834 \leqslant P_i \leqslant 0.934$ | + |
| 牛粪数量 | 0 | 1 | 0.012 | 0.098 | $-0.008 \leqslant P_i \leqslant 0.033$ | - |
| Number of yak dejectas | 1 ~ 10 | 25 | 0.309 | 0.508 | $0.224 \leqslant P_i \leqslant 0.393$ | - |
| | 11 ~ 20 | 43 | 0.531 | 0.223 | $0.440 \leqslant P_i \leqslant 0.622$ | + |
| | >20 | 12 | 0.148 | 0.170 | $0.083 \leqslant P_i \leqslant 0.213$ | 0 |
| 鼠兔洞口数量 | 0 | 111 | 0.991 | 0.906 | $0.976 \leqslant P_i \leqslant 1.006$ | + |
| Number of pika cavities | 1 ~ 10 | 1 | 0.009 | 0.026 | $-0.006 \leqslant P_i \leqslant 0.024$ | - |
| | >10 | 0 | 0.000 | 0.068 | — | - |
| 鼢鼠土堆数量 | 0 | 85 | 0.759 | 0.847 | $0.692 \leqslant P_i \leqslant 0.825$ | - |
| Number of sokhor mounds | 1 ~ 10 | 22 | 0.196 | 0.138 | $0.135 \leqslant P_i \leqslant 0.258$ | 0 |
| | >10 | 5 | 0.045 | 0.015 | $0.013 \leqslant P_i \leqslant 0.077$ | 0 |
| 地表湿度 | ≤40.0 | 3 | 0.027 | 0.012 | $0.002 \leqslant P_i \leqslant 0.052$ | 0 |
| Ground moisture (%) | 40.1 ~ 60.0 | 39 | 0.348 | 0.300 | $0.274 \leqslant P_i \leqslant 0.422$ | 0 |
| | 60.1 ~ 80.0 | 34 | 0.304 | 0.424 | $0.232 \leqslant P_i \leqslant 0.375$ | - |
| | >80.0 | 36 | 0.321 | 0.265 | $0.249 \leqslant P_i \leqslant 0.394$ | 0 |
| 离小型水体距离 | ≤50 | 80 | 0.714 | 0.818 | $0.644 \leqslant P_i \leqslant 0.785$ | - |
| Distance to small | 51 ~ 100 | 32 | 0.286 | 0.109 | $0.215 \leqslant P_i \leqslant 0.356$ | + |
| waterbodies (m) | >100 | 0 | 0.000 | 0.074 | — | - |
| 离大型水体距离 | ≤500 | 0 | 0.000 | 0.294 | — | - |
| Distance to large | 501 ~ 1 000 | 35 | 0.313 | 0.265 | $0.240 \leqslant P_i \leqslant 0.385$ | 0 |
| waterbodies (m) | >1 000 | 77 | 0.688 | 0.441 | $0.615 \leqslant P_i \leqslant 0.760$ | + |

能长时间栖息在离水源较远的陆地上（Fei & Ye，2001）。因此按照皮肤粗糙程度依次增大的顺序，高原林蛙、倭蛙、岷山蟾蜍离水塘、溪流等小水体的距离也依次增大（表 5）。这与林蛙的主要特征之一是“生活在近水的草丛中”（Liu & Hu，1961）以及“蟾蜍类对生境湿度的要求低于蛙类”（Zhou et al，1998）的结论一致。但由于倭蛙的相关研究较少，这一结果有待进一步证实。倭蛙不善跳跃，白天常隐蔽于沼泽地草墩下、溪边、坑池旁的石块下或草丛中，其习性在无尾类中极为特殊和罕见（Fei & Ye，2001）。本次调查发现，倭蛙分布范围比高原林蛙和岷山蟾蜍要窄得多，可能对生境条件要求更为苛刻，或许与其在当地非常明显的种群下降趋势（Fellers et al，2003）有一定联系。

由此可见，高原林蛙、倭蛙、岷山蟾蜍这 3 种同域分布的无尾两栖类，虽然有着比较一致的生态习性，但在生境选择上已产生了一定的分离，对生境有着各自的特殊需求。了解这一点，对于针对性的保护和管理有一定的指导意义。

**致谢：**若尔盖县张洪等人担任向导；中国科学院成都生物研究所生态中心陈槐参与部分野外调查工作，两栖爬行研究室徐俊晓对数据分析提出部分意见，谨此一并致谢。

**表 5 若尔盖湿地夏秋季 3 种两栖类对生境因子选择性的比较结果**

**Tab. 5 Comparison of habitat factors selection of three anurans during summer-autumn in Zoige Wetland**

| 生境因子 Habitat factor | 高原林蛙 *R. kukunoris* Mean ± *SE* (*n* = 994) | 倭蛙 *N. pleskei* Mean ± *SE* (*n* = 39) | 岷山蟾蜍 *B. minshanicus* Mean ± *SE* (*n* = 112) | Kruskal Wallis test $\chi^2_{df=2}$ | *P* |
|---|---|---|---|---|---|
| 牧场性质 Grazing condition | 1.9 ± 0.0 | 1.8 ± 0.1 | 1.5 ± 0.0 | 163.3 | 0.000 |
| 草本高度 Herbage height (cm) | 8.3 ± 0.1 | 12.6 ± 1.2 | 16.4 ± 1.0 | 70.8 | 0.000 |
| 草本盖度 Herbage cover (%) | 78.1 ± 0.8 | 79.6 ± 2.8 | 91.2 ± 1.3 | 81.0 | 0.000 |
| 牛粪数量 Number of yak dejectas | 9.5 ± 0.2 | 11.7 ± 1.6 | 13.4 ± 0.7 | 28.3 | 0.000 |
| 鼠兔洞口数量 Number of pika cavities | 0.0 ± 0.0 | 0.0 ± 0.0 | 0.0 ± 0.0 | 0.3 | 0.846 |
| 鼢鼠土堆数量 Number of sokhor mounds | 0.6 ± 0.1 | 0.4 ± 0.1 | 1.9 ± 0.4 | 10.5 | 0.005 |
| 地表温度 Ground temperature (℃) | 16.1 ± 0.1 | 16.1 ± 0.5 | 16.4 ± 0.3 | 4.4 | 0.110 |
| 地表湿度 Ground moisture (%) | 63.1 ± 0.5 | 64.1 ± 2.4 | 70.5 ± 1.8 | 16.0 | 0.000 |
| 土壤温度 Soil temperature (℃) | 13.1 ± 0.1 | 12.5 ± 0.3 | 11.3 ± 0.2 | 68.0 | 0.000 |
| 小型水体距离 Distance to small waterbodies (m) | 7 ± 0 | 18 ± 3 | 31 ± 2 | 166.7 | 0.000 |
| 大型水体距离 Distance to large waterbodies (m) | 3 825 ± 48 | 3 442 ± 173 | 3 457 ± 117 | 44.5 | 0.000 |
| 离道路距离 Distance from road (m) | 105 ± 2 | 50 ± 10 | 81 ± 5 | 44.6 | 0.000 |

**表 6 若尔盖湿地夏秋季 3 种两栖类生境选择判别函数的变量系数**

**Tab. 6 Coefficients in the discrimination function of habitat selection of the three anurans during summer-autumn in Zoige Wetland**

| 生境因子 Habitat factor | 判别函数中的变量系数 Classification function coefficient | | |
|---|---|---|---|
| | 高原林蛙 (*n* = 994) | 倭蛙 (*n* = 39) | 岷山蟾蜍 (*n* = 112) |
| 牧场性质 Grazing condition | 49.652 | 45.165 | 43.437 |
| 草本高度 Herbage height (cm) | 1.633 | 1.762 | 1.783 |
| 草本盖度 Herbage cover (%) | 0 | 0 | 0 |
| 牛粪数量 Number of yak dejectas | 0 | 0 | 0 |
| 鼠兔洞口数量 Number of pika cavities | 0 | 0 | 0 |
| 鼢鼠土堆数量 Number of sokhor mounds | −0.378 | −0.592 | −0.478 |
| 地表温度 Ground temperature (℃) | 0 | 0 | 0 |
| 地表湿度 Ground moisture (%) | 50.992 | 46.687 | 45.353 |
| 土壤温度 Soil temperature (℃) | 3.826 | 3.598 | 3.590 |
| 小型水体距离 Distance to small waterbodies (m) | 0.872 | 1.583 | 3.032 |
| 大型水体距离 Distance to large waterbodies (m) | 20.155 | 23.120 | 23.148 |
| 离道路距离 Distance from road (m) | 31.004 | 24.449 | 27.328 |

判别成功率为 87.5% (87.5% of original grouped cases correctly classified)。

## 参考文献:


Anderson AM, Haukos DA, Anderson JT. 1999. Habitat use by anurans emerging and breeding in Playa wetlands [J]. *Wildlife Society Bulletin*, **27** (3): 759 – 769.

Beebee TJC. 1977. Habitats of the British amphibians (1): Chalk uplands [J]. *Biological Conservation*, **12** (4): 279 – 293.

Bradford DF, Tabatabai F, Graber DM. 1993. Isolation of remaining populations of the native frog, *Rana muscosa*, by introduced fishes in Sequoia and Kings Canyon National Parks, California [J]. *Conservation Biology*, **7** (4): 882 – 888.

Fahrig L, Pedlar JH, Pope SE, Taylor PD, Wegner JF. 1995. Effect of road traffic on amphibian density [J]. *Biological Conservation*, **73** (3): 177 – 182.

Fan NC, Dou FM. 1990. Observation on the ground activities of plateau pika [J]. *Chinese Journal of Zoology*, **25** (1): 28 – 30. [樊乃昌, 窦丰满. 1990. 高原鼠兔地面活动观察. 动物学杂志, **25** (1): 28 – 30.]

Fei L, Ye CY. 2001. The colour handbook of the amphibians of Sichuan [M]. Beijing: China Forestry Publishing House. 18 – 21, 181. [费 梁, 叶昌媛. 2001. 四川两栖类原色图鉴. 北京: 中国林业出版社. 18 – 21, 181.]

Fellers GM, Wang YZ, Liu SY. 2003. Status of amphibians at the Zoige wetlands, Sichuan province, China [J]. *Froglog*, **58**: 1. (http: //www2. open. ac. uk/biology/froglog/FROGLOG-58. html)

Ficetola GF, De Bernardi F. 2004. Amphibians in a human-dominated landscape: The community structure is related to habitat features and isolation [J]. *Biological Conservation*, **119** (2): 219 – 230.

Findlay CS, Houlihan J. 1997. Anthropogenic correlates of species richness in southeastern Ontario wetlands [J]. *Conservation Biology*, **11** (4): 1000 – 1009.

Gao YZ, Han XG, Wang SP. 2004. The effects of grazing on grassland soils [J]. *Acta Ecologica Sinica*, **24** (4): 790 – 797. [高英志,

韩兴国，汪诗平. 2004. 放牧对草原土壤的影响. 生态学报，**24** (4): 790-797.]

Gibbs JP. 1998. Amphibian movements in response to forest edges, roads, and streambeds in southern New England [J]. *J. Wildl. Manage*, **62** (2): 584-589.

Guerry A, Hunter M. 2002. Amphibian distributions in a landscape of forests and agriculture: An examination of landscape composition and configuration [J]. *Conservation Biology*, **16** (3): 745-754.

Halley JM, Oldham RS, Arntzen JW. 1996. Predicting the persistence of amphibian populations with the help of a spatial model [J]. *Journal of Applied Ecology*, **33** (3): 455-470.

He CQ, Zhao KY. 1999. The conservation of wetlands biodiversities and their sustainable utilization in Roige plateau [J]. *Journal of Natural Resources*, **14** (3): 238-244. [何池全，赵魁义. 1999. 若尔盖高原湿地生物多样性保护及其可持续利用. 自然资源学报，**14** (3): 238-244.]

Jiang XL, Zhang WG, Yang ZY, Wang G. 2003. The influence of disturbance on community structure and plant diversity of alpine meadow [J]. *Acta Bot. Boreal. Occident. Sin.*, **23** (9): 1479-1485. [江小蕾，张卫国，杨振宇，王　刚. 2003. 不同干扰类型对高寒草甸群落结构和植物多样性的影响. 西北植物学报，**23** (9): 1479-1485.]

Jiang XL, Zhang WG, Yang ZY, Du GZ. 2004. Plant diversity variations in zokor mound communities along a successional stage [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, **15** (5): 814-818. [江小蕾，张卫国，杨振宇，杜国祯. 2004. 不同演替阶段鼢鼠土丘群落植物多样性变化研究. 应用生态学报，**15** (5): 814-818.]

Kats LB, Petranka JW, Sih A. 1988. Antipredator defenses and the persistence of amphibian larvae with fishes [J]. *Ecology*, **69** (6): 1865-1870.

Knutson MG, Sauer JR, Olsen DA, Mossman MJ, Hemesath LM, Lannoo MJ. 1999. Effects of landscape composition and wetland fragmentation on frog and toad abundance and species richness in Iowa and Wisconsin, USA [J]. *Conservation Biology*, **13** (6): 1437-1446.

Liu CZ, Hu SQ. 1961. Anuran in China [M]. Beijing: Science Press. 118-119, 183-187, 220-222. [刘承钊，胡淑琴. 1961. 中国无尾两栖类. 北京：科学出版社. 118-119, 183-187, 220-222.]

Liu ZM, Zhao XY, Liu XM. 2002. Relationship between disturbance and vegetation [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, **11** (4): 1-9. [刘志民，赵晓英，刘新民. 2002. 干扰与植被的关系. 草业学报，**11** (4): 1-9.]

Lu QB, Wang XM, Wang ZH. 2004. Feeding behavior of Tibetan gazelle in Shiqu county of Sichucan province during autumn [J]. *Zool. Res.*, **25** (6): 2-8. [鲁庆彬，王小明，王正寰. 2004. 四川省石渠县藏原羚秋季取食行为特征. 动物学研究，**25** (6): 2-8.]

Mazerolle MJ. 2003. Detrimental effects of peat mining on amphibian abundance and species richness in bogs [J]. *Biological Conservation*, **113** (2): 215-223.

Neu CW, Byers CR, Peek JM. 1974. A technique for analysis of utilization-availability data [J]. *J. Wildl. Manage.*, **38** (3): 541-545.

Parris KM. 2001. Distribution, habitat requirements and conservation of the cascade treefrog (*Litoria pearsoniana*, Anura: Hylidae) [J]. *Biological Conservation*, **99** (3): 285-292.

Peltzer PM, Lajmanovich RC, Beltzer AH. 2003. The effects of habitat fragmentation on amphibian species richness in the floodplain of the Middle Parana River, Argentina [J]. *Herpetological Journal*, **13** (2): 95-98.

Pilliod DS, Peterson CR. 2001. Local and landscape effects of introduced trout on amphibians in historically fishless watersheds [J]. *Ecosystems*, **4** (4): 322-333.

Vos CC, Chardon JP. 1998. Effects of habitat fragmentation and road density on the distribution pattern of the moor frog *Rana arvalis* [J]. *Journal of Applied Ecology*, **35** (1): 44-56.

Wilen BO, Frayer WE. 1990. Status and trends of the US wetlands and deepwater habitats [J]. *Forest Ecology and Management*, **33** (4): 181-192.

Wu YF, Wu CZ. 1991. Fishes in the Qinghai-Tibet Plateau [M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Publishing House. 149-233. [武云飞，吴翠珍. 1991. 青藏高原鱼类. 成都：四川科学技术出版社. 149-233.]

Wyman RL. 1988. Soil acidity and moisture in the distribution of amphibians in five forests of southcentral New York [J]. *Copeia*, **1988** (2): 394-399.

Xie F, Ye CY, Fei L, Jiang JP, Masafumi Matsui. 2000. Taxonomical studies on the populations of *Rana chensinsis* in north-western China (Amphibia: Ranidae) [J]. *Acta Zootaxonomica Sinica*, **25** (2): 228-235. [谢　锋，叶昌媛，费　梁，江建平，松井正文. 2000. 中国西北地区中国林蛙各居群的分类学研究（两栖纲：蛙科）. 动物分类学报，**25** (2): 228-235.]

Zhang RZ. 1999. Zoogeography of China [M]. Beijing: Science Press. 411-423. [张荣祖. 1999. 中国动物地理. 北京：科学出版社. 411-423.]

Zhang YM, Ruan LZ, Dong YH, Gong ZM, Li YD, Wang H, Mauro F. 2000. Breeding biology of Night Heron (*Nycticorax nycticorax*) and Little Egret (*Egretta garzetta*) in Taihu Lake of Wuxi, China [J]. *Zool. Res.*, **21** (4): 275-278. [张迎梅，阮禄章，董元华，龚钟明，李运东，王　辉，Mauro F. 2000. 无锡太湖地区夜鹭及白鹭繁殖生物学研究. 动物学研究，**21** (4): 275-278.]

Zhou LZ, Song YJ, Tian Y. 1998. A preliminary study on habitat selection and trophic ecology of amphibian in Nanhu Park, Changchun city [J]. *Jouranl of Huaibei Coal Mining Teachers College*, **19** (1): 64-70. [周立志，宋榆钧，田　蕴. 1998. 长春市南湖公园两栖类的生境选择和营养生态的初步研究. 淮北煤师院学报，**19** (1): 64-70.]

Zhou ZF, Wu ML, Chen DR. 2003. Food diversity of three species nestling herons in Changshu Shang Lake [J]. *Journal of Changshu College*, **17** (4): 59-60, 88. [周振芳，吴美林，陈冬荣. 2003. 常熟尚湖三种鹭雏鸟的食物多样性比较. 常熟高专学报，**17** (4): 59-60, 88.]